

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-221839
(43)Date of publication of application : 17.08.2001

(51)Int.Cl. G01R 33/04
G01R 33/02

(21)Application number : 2000-031473
(22)Date of filing : 09.02.2000

(71)Applicant : TDK CORP
(72)Inventor : OIKAWA TORU
SHINOURA OSAMU
YAMAOKA HIDEHIKO

(54) MAGNETIC FIELD SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic field sensor which enables quick and short-time removal of output abnormalities as caused by a temporary large disturbed magnetic field in an orthogonal flux type magnetic sensor and magnetic impedance effect magnetic sensor, which is adapted to feed current directly to a magnetic substance core thin film.

SOLUTION: The magnetic sensor has a roughly rectangular magnetic substance core and detects an external magnetic field component in the same direction as that of the magnetic substance core. An energing means is formed at both ends of the magnetic substance core to apply a pulse current or an AC current. The magnetic substance core is wound separately, with a detection coil for detecting the external magnetic field component and a coil for erasing offset, which causes the magnetic substance core to be forcibly magnetized in the longitudinal direction thereof to erase an offset once generated.

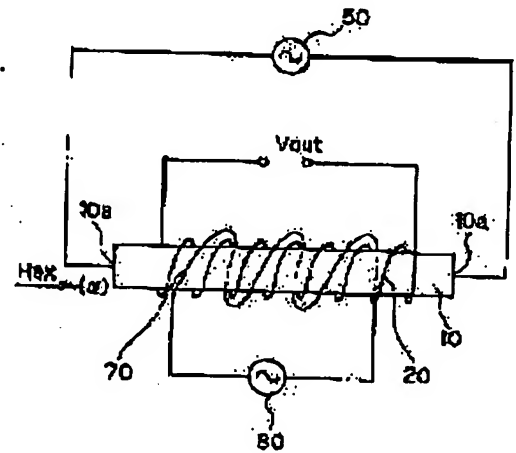


FIG.1

引用文献 /

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-221839

(P2001-221839A)

(43) 公開日 平成13年8月17日 (2001.8.17)

(51) Int.Cl.

識別記号

FI

サーチワード(参考)

G 0 1 R 33/04

G 0 1 R 33/04

2 G 0 1 7

33/02

33/02

D

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-31473(P2000-31473)

(22) 出願日 平成12年2月9日(2000.2.9)

(71) 出願人 000003067

ティーディーケー株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 及川 亨

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(72) 発明者 篠浦 治

東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(74) 代理人 100098006

弁理士 皿田 秀夫 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁界センサ

(57) 【要約】

【課題】 磁性体コア薄膜に直接電流を流電する直交フレックス方式の磁界センサ、及び磁気インピーダンス効果磁界センサにおいて、一時的に大きな外乱磁界を受けたことにより発生する出力異常をすみやかに短時間で除去することができる磁界センサを提供する。

【解決手段】 略長方形の磁性体コアを有し、当該磁性体コアの長手方向と同一方向の外部磁界成分を検出する磁界センサであって、前記磁性体コアの両端部にはパルス電流または交流電流を印加するための通電手段が形成されており、前記磁性体コアには、前記外部磁界成分を検出するための検出コイルと、前記磁性体コアを長手方向に強制的に磁化させて、一旦生じたオフセットを消去させるためのオフセット消去用コイルとが、それぞれ巻回されているように構成される。

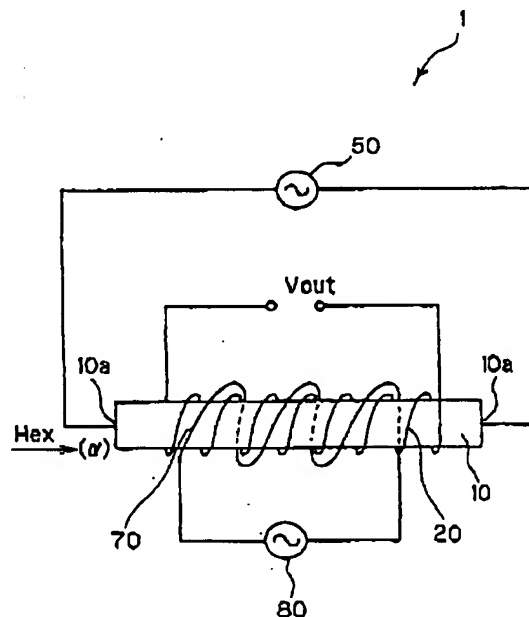


FIG.1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 略長方形形状の磁性体コアを有し、当該磁性体コアの長手方向と同一方向の外部磁界成分を検出する磁界センサにおいて、

前記磁性体コアの両端部にはパルス電流または交流電流を印加するための通電手段が形成されており、

前記磁性体コアには、前記外部磁界成分を検出するための検出コイルと、前記磁性体コアを長手方向に強制的に磁化させて、一旦生じたオフセットを消去させるためのオフセット消去用コイルとが、それぞれ巻回されていることを特徴とする磁界センサ。

【請求項2】 略長方形形状の磁性体コアを有し、当該磁性体コアの長手方向と同一方向の外部磁界成分を検出する磁界センサにおいて、

前記磁性体コアの両端部にはパルス電流または交流電流を印加するための通電手段が形成されており、

前記磁性体コアには、前記外部磁界成分を検出するとともに、前記磁性体コアを長手方向に強制的に磁化させて、一旦生じたオフセットを消去させるための磁界検出—オフセット消去共用コイルが巻回されていることを特徴とする磁界センサ。

【請求項3】 略長方形形状の磁性体コアを有し、当該磁性体コアの両端部にはパルス電流または交流電流を印加するための通電手段が形成されており、

前記通電手段を作用させることにより外部磁場により磁性体コア両端に発生するインピーダンスの変化を検出することにより、当該磁性体コアの長手方向と同一方向の外部磁界成分を検出することができる磁気インピーダンス効果型の磁界センサであって、

前記磁性体コアには、前記磁性体コアを長手方向に強制的に磁化させて、一旦生じたオフセットを消去させるためのオフセット消去用コイルが巻回されていることを特徴とする磁界センサ。

【請求項4】 前記磁性体コアには、さらに、磁界検出用の検出コイルが巻回され、前記磁性体コアにパルス電流または交流電流を印加し、かつ巻回された前記検出コイルにも検出のための電流を印加することにより、外部磁界を検出するように作用する請求項3に記載の磁界センサ。

【請求項5】 前記オフセット消去用コイルにより磁性体コアの長手方向に印加される磁場の大きさは、飽和磁場 H_s の25%以上である請求項1ないし請求項4のいずれかの記載の磁界センサ。

【請求項6】 前記オフセット消去用コイルにより磁性体コアの長手方向に印加される磁場の大きさは、飽和磁場 H_s 以上であり、一回の印加操作でオフセットが解消される請求項1ないし請求項4のいずれかの記載の磁界センサ。

【請求項7】 前記磁性体コアの膜厚は、0.5～30 μm である請求項1ないし請求項6のいずれかの記載の

(2)

特開2001-221839

2

磁界センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、微少な外部磁場の向き、方向を検出する磁界センサ、特に高感度、小型の直交フラックスゲートセンサや磁気インピーダンス効果型の磁界センサに関する。

【0002】

【従来の技術】 地磁気のような微小磁場を検出する方法としてフラックスゲートセンサが知られている。これは1960年代にアポロ計画において月面探査にも用いられたことがある伝統的な高感度の磁界センサである。しかしながら、その当時のフラックスゲートセンサは感度が高く信頼性にも優れているものの、磁性体コアが大きく、小型化、低価格化が困難なために特殊な用途の使用のみに留まっていた。

【0003】 近年になり大型CRTの地磁気補正やカーナビゲーションシステム等への応用が始まるにつれて、強磁性体薄帯や強磁性体薄膜を磁性体コアとして用いたフラックスゲートセンサが報告されるようになってきた。

【0004】 フラックスゲートセンサには、大別して2つの方法、すなわち、励磁方向と検出しようとする外部磁界の方向が同一で磁気飽和による透磁率の変化を利用する平行方式と、励磁方向と外部磁界の方向が垂直であり磁化回転を利用する直交方式がある。

【0005】 通常、フラックスゲートセンサのプロトタイプは平行方式であり試作、動作原理に関して多くの報告がなされている。この一方で、直交方式としては、特許番号2617498号に開示の磁気センサがあり、これによれば、導電性を有する強磁性体磁性コアに交流電流を通電し、コアに巻回された検出線から電気信号を取り出す磁界センサが開示されている。この磁界センサに用いられる磁性体コアは、磁歪がゼロのアモルファスワイヤや帯状のアモルファス薄帯である。

【0006】 また、フラックスゲートセンサとは原理的に異なる磁気インピーダンス効果を用いた磁界センサが特開平8-75835号、特開平11-109006号等に開示されている。これは外部磁界による表皮効果増大をインピーダンスの変化として検出するものであり、磁性体コアはアモルファスワイヤ、アモルファス薄帯、アモルファス薄膜、軟磁性合金膜等が使用される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、高感度の磁界センサは、概ね地磁気以下の微小磁界を検出することを目的としているのであるが、設計された検出磁界に比べて遙かに大きい磁界を磁気的外乱として、一度受けてしまうと、その外乱磁界が無くなった後であっても、外乱を受ける前、本来、検出できていた微少磁界に対する出力、検出感度が変化してしまうことがある。あるいは

3

は、パルス的な不要な出力成分が本来の出力に混入してしまう状態になることがある。前者の時間的に継続するゼロ点からのズレがオフセットと呼ばれ、後者のパル的な短時間の出力変化はノイズと呼ばれている。ノイズの発生原因の1つとしては、磁性薄膜の磁区構造によるバルクハウゼンノイズが知られている。

【0008】例えば、方位計として地磁気センサを用いたカーナビゲーション装置を有する自動車が、鉄道線路の踏切を通過した際には、地磁気の10倍以上の磁界（外乱磁界）を受けることになる。すると、正しい方位を示さなくなるおそれがある。これは強い外部磁界により、磁界センサの心臓部である、磁性体コアの磁区構造が安定構造では無く、準安定構造に変化し、そのままの状態を維持しているためと考えられる（オフセットの状態）。

【0009】このようなオフセットの問題は、直交フラックスゲートセンサや、磁気インピーダンスセンサにおいて特に深刻である。すなわち、磁性体コアに直接通電した電流により励磁を行う直交フラックスゲートセンサや、磁気インピーダンスセンサにおいては、この直接通電による磁界で、磁区構造が元の状態に復帰することがないといえるからである。

【0010】このような実状のもとに本発明は創案されたものであって、その目的は、磁性体コア薄膜に直接電流を通電する直交フラックス方式の磁界センサ、及び磁気インピーダンス効果磁界センサにおいて、一時的に大きな外乱磁界を受けたことにより発生する出力異常をすみやかに短時間で除去することができる磁界センサを提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決するために本発明は、略長方形形状の磁性体コアを有し、当該磁性体コアの長手方向と同一方向の外部磁界成分を検出する磁界センサにおいて、前記磁性体コアの両端部にはパルス電流または交流電流を印加するための通電手段が形成されており、前記磁性体コアには、前記外部磁界成分を検出するための検出コイルと、前記磁性体コアを長手方向に強制的に磁化させて、一旦生じたオフセットを消去させるためのオフセット消去用コイルとが、それぞれ巻回されているように構成される。

【0012】また、本発明は、略長方形形状の磁性体コアを有し、当該磁性体コアの長手方向と同一方向の外部磁界成分を検出する磁界センサにおいて、前記磁性体コアの両端部にはパルス電流または交流電流を印加するための通電手段が形成されており、前記磁性体コアには、前記外部磁界成分を検出するとともに、前記磁性体コアを長手方向に強制的に磁化させて、一旦生じたオフセットを消去させるための磁界検出—オフセット消去共用コイルが巻回されているように構成される。

【0013】また、本発明は、略長方形形状の磁性体コア

(3)

特開2001-221839

4

を有し、当該磁性体コアの両端部にはパルス電流または交流電流を印加するための通電手段が形成されており、前記通電手段を作用させることにより外部磁場により磁性体コア両端に発生するインピーダンスの変化を検出することにより、当該磁性体コアの長手方向と同一方向の外部磁界成分を検出することができる磁気インピーダンス効果型の磁界センサであって、前記磁性体コアには、前記磁性体コアを長手方向に強制的に磁化させて、一旦生じたオフセットを消去させるためのオフセット消去用コイルが巻回されているように構成される。

【0014】また、本発明における前記磁性体コアには、さらに、磁界検出用の検出コイルが巻回され、前記磁性体コアにパルス電流または交流電流を印加し、かつ巻回された前記検出コイルにも検出のための電流を印加することにより、外部磁界を検出できるように構成される。

【0015】また、本発明における前記オフセット消去用コイルにより磁性体コアの長手方向に印加される磁場の大きさは、飽和磁場 H_s の25%以上となるように構成される。

【0016】また、本発明における前記オフセット消去用コイルにより磁性体コアの長手方向に印加される磁場の大きさは、飽和磁場 H_s 以上であり、一回の印加操作でオフセットが解消されるように構成される。

【0017】また、本発明における前記磁性体コアの膜厚は、0.5~30 μm として構成される。

【0018】本発明の磁界センサにおいて、外部からの強い磁界を受けて一旦、オフセットの状態に至った磁性体コアの磁区構造を初期の安定状態に戻すために、オフセット消去用コイルが設けられる。このオフセット消去用コイルにより磁性体コアはその長手方向に瞬間的に磁化される。なお、磁性体コアの磁区構造を準安定構造にしてしまう外乱磁界は、同じように磁性体コアを磁化するが、磁界検出方向とは異なる方向ベクトルを有する磁界である。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的実施の形態について詳細に説明する。

【0020】本発明の磁界センサの好適な構造例を模式的に示した平面図（上面図）が図1および図2に示される。図1は、いわゆる直交フラックスゲート磁界センサの好適例であり、図2はいわゆる磁気インピーダンス効果を利用した磁界センサの好適例である。

【0021】図1に示される本発明の直交フラックスゲート磁界センサ1は、略長方形形状の磁性体コア10を有し、この磁性体コア10の両端部10a、10aにはパルス電流または交流電流を通電するための通電手段が形成されている。本発明における通電手段としては、磁性体コア10の両端部10a、10aから引き出され形成されたパルス発生回路50または交流発生回路50が例

5

示できる。

【0022】本発明の磁界センサ1は、磁性体コア10の長手方向(α方向)と同一方向の外部磁界成分Hexを検出することができるようになっており、そのため、磁性体コア10周辺近傍には、図1に示されるように外部磁界Hexを検出するための検出コイル20が巻回されている。なお、本発明における検出コイルとは、誘導電流、電圧を直接検出するコイルとしては、従来の磁界センサで磁界検出のために用いられている負帰還検出コイルとして使用することも、もちろん可能である。さらに、磁性体コア10周辺近傍には、図1に示されるように、前記磁性体コア10を長手方向に強制的に磁化させて、一旦生じたオフセットを消去させるためのオフセット消去用コイル70が巻回されている。

【0023】これらの検出コイル20とオフセット消去用コイル70は、磁性体コア10の上に形成された絶縁体層(図示しない)を介して、独立かつ同一方向に交互に巻回されている。なお、絶縁体層としては、磁性体コア10を構成する材料よりも抵抗が高い材料ならばいずれの材料も使用可能である。つまり、公知の各種の有機膜、例えば熱硬化フォトレジスト(ノボラック系、ポリイミド系)に加えて、さらに公知の無機膜、例えばSiO₂やDLC(ダイヤモンドライクカーボン)膜、誘電体材料を用いることも可能である。

【0024】上記検出コイル20とオフセット消去用コイル70のコイルの巻数は、図面では、模式的に記載されているだけであり、実際のターン数は、10~200程度である。

【0025】オフセット消去用コイル70には、直流または交流発生回路80が設けられ、当該コイル70に通電することにより、磁性体コア10を磁化させてオフセットを消去させる作用をするようになっている。なお、本発明におけるオフセットの消去には、後述するようにオフセット消去用コイル70を介して磁性体コア10に後述する所定の大きさの磁場の印加が必要となる。

【0026】また、上記図1に示される実施形態の変形例として、検出コイル20とオフセット消去用コイル70を1つの共用コイルとしてもよい。すなわち、磁性体コア10周辺近傍には、外部磁界成分Hexを検出するとともに、前記磁性体コア10を長手方向に強制的に磁化させて、一旦生じたオフセットを消去させるための磁界検出・オフセット消去共用コイルを巻回されるように構成することもできる。この場合には、磁界検出が行なわれていない時に、オフセット消去用電流を通電する。すなわち、磁界検出・オフセット消去共用コイルを用いての検出操作とオフセット消去操作とは、それぞれ時間的に独立して行なわれる。

【0027】図2に示される磁気インピーダンス効果を利用した磁界センサ2は、略長方形形状の磁性体コア10を有し、この磁性体コア10の両端部10a、10aに

(4)

特開2001-221839

6

は高周波電流を印加するための通電手段が形成されている。本発明における通電手段としては、磁性体コア10の両端部10a、10aに接続された高周波発生回路52が例示できる。

【0028】本発明の磁界センサ2は、磁気インピーダンス効果を用いて磁性体コア10の長手方向(α方向)と同一方向の外部磁界成分Hexを検出することができるようになっており、そのため、磁性体コア10の両端部には、検出回路90が組み込まれる。磁気インピーダンス効果(MI効果)は、高透磁率磁性体に高周波電流を通電すると、その両端のインピーダンスが通電方向に印加した外部磁場によって変化する現象をいう。

【0029】図2に示されるMI磁界センサ2においても、磁性体コア10周辺近傍には、前記磁性体コア10を長手方向に強制的に磁化させて、一旦生じたオフセットを消去させるためのオフセット消去用コイル70が巻回されている。図1の場合と同様に、オフセット消去用コイル70には、直流または交流発生回路80が設けられ、当該コイル70に通電することにより、磁性体コア10を磁化させてオフセットを消去させる作用をするようになっている。なお、本発明におけるオフセットの消去には、後述するようにオフセット消去用コイル70を介して磁性体コア10に後述する所定の大きさの磁場の印加が必要となる。

【0030】オフセット消去用コイル70は、磁性体コア10の上に形成された絶縁層(図示しない)を介して、巻回されている。これらのコイルの巻数は、図面では、模式的に記載されているだけであり、実際のターン数は上記した通りである。

【0031】図2における磁気インピーダンス効果型の磁界センサ2は、上述したように、磁性体コア10に高周波電流を通電させ、外部磁場により磁性体コア10の両端に発生するインピーダンスの変化を検出することにより、当該磁性体コア10の長手方向と同一方向の外部磁界成分Hexを検出することができるようになっている。このような、磁気インピーダンス効果型の磁界センサ2においては、前記磁性体コア10周辺近傍に、さらに、磁界検出用の検出コイルを巻回し(図示していない)、磁性体コア10に直接高周波電流を印加しつつ、この巻回された前記検出コイル(図示していない)にも検出のための電流を印加することにより、外部磁界を検出するような操作も好ましい態様の一つである。この検出コイル(図示していない)は、いわゆる負帰還検出用のコイルとして作用する。

【0032】上述してきた本発明の磁界センサ1、2は、大きな磁気的外乱を受けて、一旦オフセットの状態に陥った時に、オフセット消去用コイル70に、通電することにより、磁性体コア10を磁化させてオフセットを消去させることができるようになっている。

【0033】本発明に用いられる磁性体コア10の材料

7

としては、NiFe、NiFeP、CoFe、CoNiFe、CoFeP、NiFeMo、FeZrN、FeN等の公知の各種の軟磁性体から選ぶことができる。製法は高速急冷薄膜を用いることも可能であるが、好ましくはスパッタ等の真空成膜、めっき法で成膜された薄膜を所定の形状にパターンニングした厚さ0.5~30 μ mの軟磁性薄膜である。薄膜の厚さが0.5 μ m未満となると、実用上、十分な大きさの出力を得ることが困難となり、また、30 μ mを超えると工業的に成膜が困難となり製造コストが高くなってしまふ。

【0034】磁性体コア10に通電する電流は正弦波、パルスのいずれでも可能であるが、1~500MHz程度の周波数が好ましい。周波数が上記範囲の下限値未満となるとフラックスゲート磁界センサの場合、原理的に電磁誘導である出力自体が小さく、周波数が上記範囲の上限値を超えるとコイルのインダクタンスLと浮遊容量CによるLC共振の影響で出力が低下する。磁気インピーダンス効果(MI)磁界センサの場合、周波数が上記範囲の下限値未満となると表皮効果が小さく十分なインピーダンス変化率が得られず、周波数が上記範囲の上限値を超えると透磁率の低下によりインピーダンス変化率が小さくなる。

【0035】次に、本発明の構成要件であるオフセット消去用コイル70について詳細に説明する。直交フラックスゲートセンサや磁気インピーダンス(MI)センサにおいて、磁性体コア10を長手方向に強制的に磁化させて、一旦生じたオフセットを消去させるためのオフセット消去用コイルの提案は、従来よりなされていない。この点、以下さらに詳細に説明する。

【0036】直交フラックスゲートセンサや磁気インピーダンス(MI)センサにおいて、外部磁界による誘導電流検出用のコイル、負帰還検出用のコイル、さらには磁性体コア10にバイアス磁界を印加するためのコイルが磁性体コア10に巻回され、使用されているケースが従来より多く存在する。

【0037】本発明に用いられるオフセット消去用コイル70は、上記の従来コイルと構造的には極めて類似するが、作用効果が異なる。すなわち、従来公知の各種目的のコイルには、磁界検出の度に電流が流れる。これに対して本発明に用いられるオフセット消去用コイル70は、磁界検出の度に電流を流す必要は無い。例えば1秒間に10回の磁界検出を行うためには、従来公知の各種目的のコイルには検出回数と同じ1秒間に10回の電流が流れる。本発明のオフセット消去用コイル70に電流を流す頻度は、その使用目的により異なる。例えば、センサを使用する前、あるいは大きな磁気的外乱があった後に、使用者がリセット操作として行う方法も可能である。例えば、1秒間から1時間、好ましくは10秒間から1分間に1回程度、リセット操作を行うのが良い。前記範囲未満の頻度では、消費電力が大きくなる傾向があ

(5)

特開2001-221839

8

り、また、前記範囲を超える頻度ではセンサとしての機能が果たせない時間帯が長くなってしまい信頼性に欠けるおそれがある。

【0038】本発明に用いられるオフセット消去用コイル70は、従来公知の外部磁界による誘導電流検出用コイル、負帰還検出用コイル、さらには磁性体コア10にバイアス磁界を印加するためのコイルとは、別に設けても良いが、従来公知のコイルを、使用操作条件を変えて、本発明のオフセット消去用コイル70として用いることも可能である。この場合には、従来公知のコイルが磁界検出のために駆動されていない間に、本発明のオフセット消去用コイル70として用いることになる。すなわち、従来公知のコイルとして印加する電流の例えば2倍程度以上の電流を印加することでオフセット消去用コイルとして動作し得る。

【0039】本発明のオフセット消去用コイル70に流す電流の大きさ、時間、回数等は、用いる磁性体コア10の材質や形状等により適宜、設定される。すなわち本発明のオフセット消去用コイル70により磁性体コア10の長手方向に印加される磁場の大きさが、飽和磁場 H_s の25%以上、好ましくは飽和磁場 H_s の50%以上、さらに好ましくは飽和磁場 H_s の75%以上、さらに好ましくは飽和磁場 H_s の100%以上(飽和磁場 H_s 以上)となるように設定される。飽和磁場 H_s 以上の十分に大きい磁場で磁性体コア10を飽和させた場合には、1回の磁場印加(通電)でオフセットは消失する。印加磁界が、 H_s 以下では消失されにくくなる。しかし、飽和磁場 H_s の25%以上の弱い印加磁界でも印加動作を数回繰り返すと、オフセットは徐々に小さくなりついには正常な検出動作が可能となるまでに復帰する。本願発明者らの実験によれば、印加磁場が小さくなるほど、復帰に必要な印加の繰り返し回数が大きくなり、飽和磁場 H_s の25%未満の磁界では繰り返し回数をどんなに増やしてもオフセットの消去は起こらない。もちろん、直流磁場をON、OFFする代わりに交流磁場を印加しても同様な効果がある。なお、本発明における、磁性体の飽和磁界 H_s とは、振動試料型磁力計(VSM)等を用い、十分に強い磁界により測定される磁性体が完全に飽和する磁界とは異なり、それ以上外部磁界を印加しても磁化の上昇が見かけ上、小さくなる磁界をいう。より具体的には、ある磁界強度で磁化B1を示す時に、さらに+400A/mの磁界をさらに印加しても、磁化Bの上昇、 ΔB が、 $\Delta B/B1 < 0.05$ 以下となる磁界を示す。なお、この飽和磁界は、VSMを用いることで測定可能である。

【0040】上述のごとく、オフセット消去用コイル70による印加磁界の大きさは、磁性体コア10が飽和する磁界 H_s の25%以上(さらには50%以上、75%以上)が好ましく、特に好ましくは H_s 以上である。印加時間、印加波形に特に制限は無いものと考えられる

9

が、磁化回転しか発生しないような超高速での印加では効果が少なくなる。特に、印加磁界の立ち下げ速度は重要で、サイン波形の場合には100MHz以下が好ましい。

【0041】ここで述べた直交フラックスゲートセンサにおけるオフセットの発生や、25%以上の磁化の印加で消去される挙動は、磁気インピーダンス変化率のオフセット、オフセット消去にも同様にあてはまる。

【0042】磁性体コア10形状は、長方形1本の形状であろうと、それを複数回つづら折りにした形状であろうと、両者、上記のオフセットの発生、消去の挙動に関しては実質的な違いはないことが実験的に確認されている。

【0043】なお、本発明のオフセット消去用コイル70に代えて、永久磁石による磁界を使用し、磁区構造の安定化を図ることも可能であると考えられるが、センサ動作時は地磁気レベルの測定に影響を与えない位置に隔離する必要があり、実用的ではない。

【0044】また、本発明のオフセット消去用コイル70は、バルクハウゼンノイズを初めとするノイズの消去にも有効である。

【0045】

【実施例】以下に具体的実施例を示し、本発明をさらに詳細に説明する。

【0046】【実験例1】

【0047】直交フラックスゲート磁界センサを以下の要領で、具体的サンプルとして作製した。

【0048】図3に、実際に作製した直交フラックスゲート磁界センサの構造が模式的に示される。

【0049】表面に酸化皮膜を有するシリコン基板100の上に、下部コイルをパターン電気Cuめっき法により形成した。この上に、熱硬化ノボラック樹脂からなる下部絶縁体層を形成し、この下部絶縁体層の上にNiFeからなる磁性体コア10を形成した。そして、この磁性体コア10の上に熱硬化ノボラック樹脂からなる上部絶縁体層を形成し、この上部絶縁体層の上に上部コイルをパターン電気Cuめっき法により設け、最終的に検出コイル20の形態を完成した。

【0050】また、磁性体コア10の長手方向の両端部には電流印加のための電極部90、90をそれぞれ設けた。

【0051】上記磁性体コア10は、長さ2mm、幅0.1mm、厚さ4μmの形状とし、磁性体コア10の合金組成は、磁歪がほぼゼロのFe (19%) - Ni (81%)とした。磁性体コア10を構成するNiFe合金薄膜の飽和磁場Hsは、およそ400A/mであった。検出コイル20の巻線の巻回数は100回とした。パターンニング方法は、フォトリソをマスクを用いて露光、現像したレジストパターンを用いたフレームめっき法によった。

(6)

特開2001-221839

10

【0052】さらに、実験の簡易性を考慮して、オフセット消去用コイル70は上記の素子とは別体とした。すなわち、上記の素子が隙間なく挿入出来るコイルをCu線を巻回して独立したオフセット消去用コイル70を作製し、そのコイル70の中央に上記素子(図3に記載の素子)を挿入して、実験用サンプルを形成した。

【0053】このようなサンプルについて以下のような評価を行った。

【0054】<評価>

【0055】上記完成した磁界センサのサンプルにおいて、周波数2MHzの正弦波電流300mAを磁性体コア10に通電したときの出力電圧をpeak-to-peak値で測定した。結果を図4に示す。磁性体コア10長手方向からの外部磁界(Hex)に対して、出力は図4中のライン(a)で示され、当該ライン(a)は、磁性体の飽和磁界にほぼ等しい磁界で最大を示した。

【0056】ここで、外乱磁界として、SmCo永久磁石を用い、磁性体コアに約8000A/m以上の磁界を磁性体コアの幅方向から近づけ、すぐに遠ざけた。すると出力は、図4中のライン(b)のように変化した。外部磁界ゼロの時の出力の違いをゼロオフセットとして評価すると、その値は220mVであった。このオフセットは、24時間の後も変化はなく定常状態では自立的に復帰することはなかった。

【0057】なお、永久磁石を近づける。あるいは、遠ざける方向、印加速度、除去速度等によって図4中のライン(b)の形態は、幾通りも存在することが確認された。

【0058】次に、オフセットの発生後に、オフセット消去用コイル70に、立ち上がり、立ち下がり時間が1ms、保持時間5msの矩形波パルス電流を印加し、オフセットの変化を測定した。その結果を図5に示す。ここでH/Hsは、流した電流により発生した磁界をH、磁性体コアが飽和する磁界をHsとしている。表5中のH/Hsは100を掛けて%表示にしてある。なお、前述のようにHsは、およそ400A/mである。図6より、本発明の好適な態様であるH/Hs=100%では、1パルスでオフセットがゼロに復帰している。また、本発明のH/Hs=25%では10パルスでゼロに復帰し、本発明のH/Hs=50%では5パルスでゼロに復帰し、本発明のH/Hs=75%では3パルスでゼロに復帰した。これらに対して本発明を外れるH/Hs=20%では、15パルス印加してもゼロ復帰しなかった。

【0059】なお、消費電力や検出動作の安定性等を考慮すれば、本発明のオフセット消去用コイルにより磁性体コアの長手方向に印加される磁場の大きさHが、飽和磁場Hs以上となるように設定することが望ましい。この場合、1パルスでオフセットがゼロに復帰する。

【0060】なお、比較のため、磁性体コア10に通常

11

の励磁電流の2倍、3倍の大きさの電流を印加したが、15回印加してもオフセットの改善は一切、見られなかった。

【0061】また、オフセット消去用コイル70に電流を流す代わりに、外部磁界を検出するために設けられている検出コイル20に磁性体コア10を飽和させるために上記のパルス電流を印加しても、オフセット消去用コイル70に電流を流した場合と同様の効果が得られることが確認できた。もちろん、磁性体コア10を飽和させるために電流を印加する際には、検出回路から切り離して行った。

【0062】なお、前記のオフセット220mVの状態の磁界センサの出力をオシロスコープで詳細に観察したところ、メイン出力ピークから僅かに遅れてメインピークの1/4の高さのサブピーク、すなわち磁壁移動に伴うパルクハウゼンノイズが確認された。このサブピークもオフセットと同様にオフセット消去用コイルに好ましい通電を行うことで消去することが出来た。

【0063】【実験例2】

【0064】磁気インピーダンス磁界センサ(MIセンサ)を以下の要領で具体的サンプルとして作製した。

【0065】素子構造は上記実験例1で説明した直交フラックスゲート型磁界センサ(図3)と基本的に同じである。ただし、MIセンサにおいて、磁性体コアの異方性付与の方向は、磁性体の幅方向である。

【0066】基本的構造は、実質的に上述した通りであるので、詳細な説明は省略して若干の異なる部分のみ説明する。すなわち、ガラス基板110上に磁性体コア10としてほぼ磁歪がゼロのCoZrNbアモルファス膜をスパッタ法により形成した。その後、長方形の磁性体コア形状のフォトリソパターンを形成し、そのパターンをマスクとしてイオンミリングにより所定の磁性体コア10形状にパターニングを行った。磁性体コア10の形態は、長さ1mm、幅0.1mm、厚さ2μmとした。磁性体コア10長手方向の端部近傍には通電のための電極90、90を設けた。

【0067】なお、電極90、90を磁性体コア10の上に形成する具体的な場所としては、長さ1mmの磁性体コア10の端部から測って100μm~200μmの間の幅100μmとした。磁性体コア10の端部から100μmまでの間が通電されない構造としたのは、この部分の磁区構造がいわゆる90度磁壁を構成しているためである。

【0068】さらに、上記実験例1の場合と同様に実験の簡易性を考慮して、オフセット消去用コイル70は上記の素子とは別体とした。すなわち、上記の素子(図3)が隙間なく挿入出来るコイルをCu線を巻回して独立したオフセット消去用コイル70を作製し、そのコイル70の中央に上記素子(図3)を挿入し、サンプルを完成させた。

(7)

特開2001-221839

12

【0069】このようなサンプルについて以下のような評価を行った。

【0070】<評価>

【0071】磁性体コア10の端部にそれぞれ設けた電極90、90にインピーダンスアナライザを接続し、電流を磁性体コア10に通電し、直接、インピーダンスZを測定した。

【0072】素子の外部磁場によるインピーダンス変化率 $((Z-Z_0)/Z_0)$ を周波数150MHzの正弦波で測定した(Z_0 は、外部磁場が零でのインピーダンス)。結果を図6に示した。

【0073】その結果、図6中のライン(a)で示されるように、無磁場を基準としたインピーダンス変化率の磁場依存性は400A/mの磁界で最大となる単一ピーク特性となった。次に、磁性体コア10に外部から飽和磁場以上の強い磁場を永久磁石により横方向(素子の幅方向)から印加し、取り除いたところ、インピーダンス変化率の磁場依存性のカーブに変化が生じ、図8のライン(b)のようになった。400A/mの磁界でのインピーダンス変化率は、(a)の40%から(b)では28%と、12%の減少となった。すなわち、この12%の変化は、(a)の40%の変化率を基準にすると-30%である。この値を本発明では、MIセンサにおけるオフセットと定義する。このオフセットは、24時間後も変化は見られなかった。

【0074】そこで、オフセット消去用コイル70に、50Hz、および2kHzのそれぞれの交流電流に相当するパルス電流をそれぞれ通電し、磁場を印加してオフセットの変化を測定した。通電電流の大きさは発生する磁場に換算した。その結果、CoZrNbアモルファス膜磁性体コアの H_s である400A/m以上の磁界に相当する電流値を加えた場合($H/H_s \geq 100\%$)には1パルスでオフセットは0となった。しかし H_s の22%の磁界となる電流では($H/H_s = 22\%$)、5パルス印加しても、オフセットの改善は見られなかった。

【0075】なお、オフセット消去用コイル70への通電によるオフセット消去は、直流、50Hz交流、2kHz交流のいずれでもほぼ同じ効果が得られた。

【0076】以上述べたように、本発明の磁界センサは磁気的外乱により発生したセンサのオフセット(もちろんノイズをも含む)を消去し安定な動作を回復させることが可能となる。

【0077】

【発明の効果】上記の結果より本発明の効果は明らかである。すなわち、本発明は、略長方形の磁性体コアを有し、当該磁性体コアの長手方向と同一方向の外部磁界成分を検出する磁界センサであって、前記磁性体コアの両端部にはパルス電流または交流電流を印加するための通電手段が形成されており、前記磁性体コアには、前記外部磁界成分を検出するための検出コイルと、前記磁性

13

体コアを長手方向に強制的に磁化させて、一旦生じたオフセットを消去させるためのオフセット消去用コイルとが、それぞれ巻回されているように構成されているので、一時的に大きな外乱磁界を受けたことにより発生する出力異常をすみやかに短時間で除去することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】直交フラックスゲート磁界センサの好適例を模式的に示した平面図である。り、図2はいわゆるである。

【図2】磁気インピーダンス効果を利用した磁界センサの好適例を模式的に示した平面図である。

【図3】実験サンプルの素子形態を模式的に示す図面で

【図1】

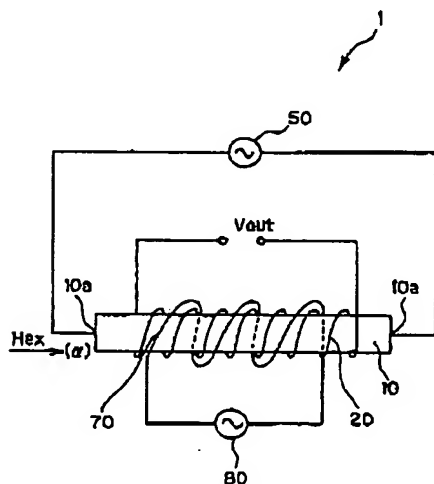


FIG.1

【図2】

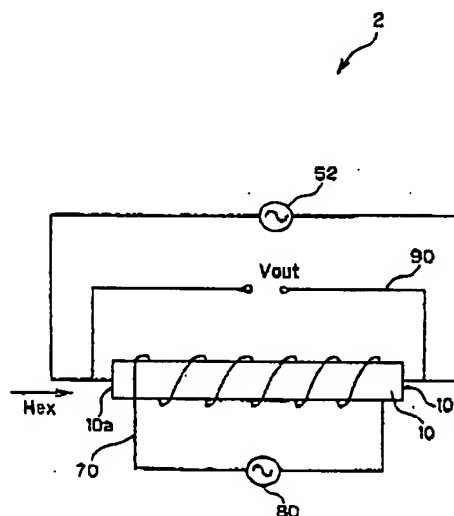


FIG.2

【図3】

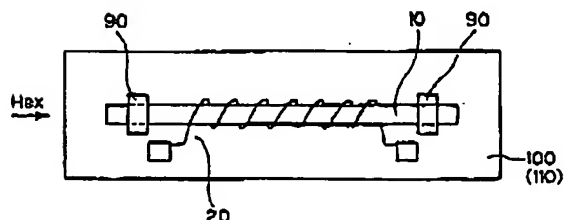


FIG.3

(8)

特開2001-221839

14

ある。

【図4】オフセットの状況を説明するためのグラフである。

【図5】オフセットと磁場印加回数との関係を、印加磁場をパラメータとして表したグラフである。

【図6】オフセットの状況を説明するためのグラフである。

【符号の説明】

1, 2…磁界センサ

10…磁性体コア

20…検出コイル

70…オフセット消去用コイル

(9)

特開2001-221839

【図4】

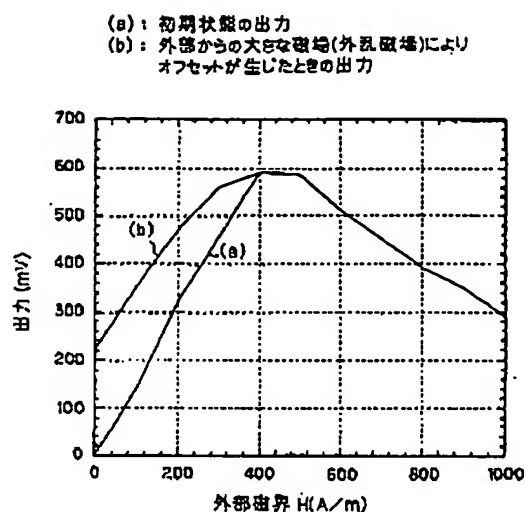


FIG.4

【図5】

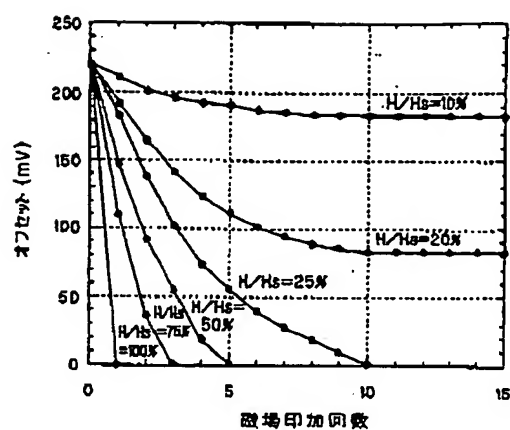


FIG.5

【図6】

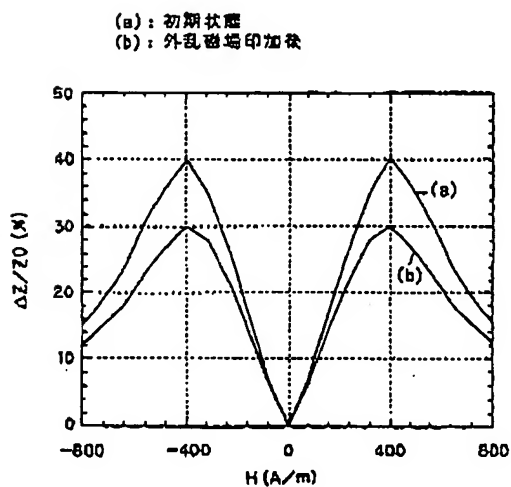


FIG.6

フロントページの続き

(72)発明者 山岡 英彦
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

Fターム(参考) 2G017 AA01 AB01 AB09 AD42 AD51
AD63 AD65